

Fibre Amplifier for Several Signals at Different Wavelengths using a Wavelength Multiplexer and a Wavelength Demultiplexer

Abstract of EP 0 766 358 A1

5

A fibre amplifier for several signals at different wavelengths using a wavelength demultiplexer and a wavelength multiplexer.

10 A fibre amplifier for amplifying several optical signals at different wavelengths ($\lambda_1, \dots, \lambda_n$) is formed using a doped fibre (DF1) and a pump laser (PL). A loss element (VE) formed of a wavelength demultiplexer (WDMUX) and a wavelength multiplexer (WMUX) is inserted into the doped fibre. In
15 order to achieve identical levels of the signals, attenuating members (DG) can be located between the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer, which compensate the different gains of the individual wavelengths. In the fibre amplifier according to the
20 application noise outside the wavelengths is suppressed, so that the accumulation of noise occurring in cascaded fibre amplifiers is reduced, and an improved signal/noise ratio is achieved.

Description

When an optical signal is conveyed on a transmission line in which a glass fibre acts as a waveguide, repeated amplification in cascaded fibre amplifiers can be necessary for compensating transmission losses. It is desired to raise the optical signal at the output of each fibre amplifier to a same level, regardless of the mean power of the optical signal at the input of the fibre amplifier, with the smallest possible deterioration of the signal/noise ratio. Spontaneous emission, which occurs in a fibre amplifier within the amplification bandwidth, causes an accumulation of noise known to experts as ASE (accumulated stimulated emission) by amplification in the subsequent fibre amplifiers, causing a further deterioration of the signal/noise ratio. If several optical signals at different mutually adjacent wavelengths in the spectral amplification region are transmitted in a glass fibre transmission line in the context of WDM (wavelength division multiplex) transmission, it is attempted to achieve a wavelength independent increase to a same level at the output of a fibre amplifier and a homogeneous deterioration of the signal/noise ratio for all wavelengths. Prior art fibre amplifiers amplify a line spectrum of several signal wavelength channels inhomogeneously within the amplification spectrum, namely depending on the position in the amplification spectrum, the power level of the channel at the input of the fibre amplifier and the total power of the signals at the input of the fibre amplifier.

The invention relates to an assembly for amplifying several optical signals at different wavelengths in a waveguide conveying optical signals, wherein

- a first coupler WDM1 has its inputs connected to an input waveguide EW conveying an optical signal and, respectively, to a pump laser outputting an optical signal at a pump wavelength λ_{pump} , and has its output connected to the one end of a first doped fibre DF1,
- the input of a wavelength coupler WDM2 is connected to the other end of the first doped fibre, and the output of the wavelength coupler WDM2 which carries the optical signal at the pump wavelength is connected to an input of a coupler WDM3, and the other output of the wavelength coupler WDM2, which carries the several optical signals, is connected to the other input of coupler WDM3 via a loss element,

- the output of coupler WDM3 is connected to the one end of a second doped fibre DF2, and
- the other end of the second doped fibre is connected to the output waveguide AW which carries the amplified optical signal.

5

Amplifier assemblies for single wave operation comprising an optical filter or an isolator in the doped fibre length of the fibre amplifier are known from A. Yu, M. Mahony, S. A. Siddiqui, Proceedings of ECOC 92, Berlin, September 1992, Paper WeP2.4, p. 481 to 484 or from M.N. Zervas, R. I. Laming, Proceedings of ECOC 92, 10 Berlin September 1992, Paper MoA3.2, p. 81 to 84. Amplifier assemblies in which the optical signal is attenuated in a lumped unit while the pump wavelength is allowed to pass essentially unattenuated are referred to by experts as a lumped-loss configuration.

The object of the invention is to provide an assembly for amplifying several 15 optical signals at different wavelengths in a waveguide carrying optical signals, in which the disadvantages put forth above are avoided.

The object is achieved by the loss element being formed of a wavelength multiplexer (WMUX) which cooperates with a wavelength demultiplexer (WDMUX), 20 and by the assembly having several optical signals at different wavelengths supplied to it on the input waveguide.

According to the object of the invention, several signals at different wavelengths can be amplified in a single fibre amplifier to an essentially homogeneously high level; 25 the number of transmission ranges of the fibre amplifier can be limited to the number of the several optical signals, whereby noise components and, hence, noise accumulation by spontaneous emission, located between the transmission ranges or in unused transmission ranges are suppressed at the output side. According to the object of the invention, the total noise is reduced. According to the invention, the distances of the 30 transmission ranges have wavelengths which are freely selectable regardless of a periodicity of the wavelength.

According to a specific embodiment, the transmission is individually selectable for each wavelength, e.g. by inserting attenuating members between the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer. This measure causes the gain to be adaptable for each wavelength.

5

According to a specific embodiment, for achieving homogenous/identical levels of the wavelengths at the output of the fibre amplifier, attenuation members are provided for the individual wavelengths which compensate the different gains; for compensating the different spectral gain of the fibre amplifier, the multiple filter may
10 have the envelope of its filter curve comb formed complementarily to the spectral gain curve of the fibre amplifier.

According to a specific embodiment, an optical isolator is connected in series with the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer. By this measure,
15 noise components originating from noise accumulation by spontaneous emission, which are not removed by the optical multiple filter, are suppressed in unidirectional signal traffic.

According to a specific embodiment, in case of higher losses a multiple coupler
20 is provided in stead of the wavelength multiplexer.

The invention is now explained by a way of an example as far as necessary for its comprehension, based on drawings. In these drawings:

Fig. 1 is a schematic representation of a fibre amplifier for amplifying several
25 optical signals according to the invention;

Fig. 2 is a first embodiment of the loss element of Fig. 1 according to the invention;

Fig. 3 is a second embodiment of the loss element of Fig. 1 according to the invention;

30 Fig. 4 is a third embodiment of the loss element of Fig. 1 according to the invention.

A first coupler WDM1 has its inputs connected to an input waveguide EW carrying several optical signals at different adjacent wavelengths $\lambda_1 \dots \lambda_n$ and to a pump laser PL which outputs an optical signal at a pump wavelength λ_{pump} . Directly adjacent to the input waveguide, a possible spectrum of signals supplied to the input waveguide at different adjacent wavelengths and different low levels is represented. The output of the first coupler is connected to an end of a first doped fibre DF1. The other end of the first doped fibre DF1 is connected to the input of a wavelength coupler WDM2. An output of the wavelength coupler WDM2, which shows a preferred transmission behaviour for the optical signal at the pump wavelength, is connected to an input of a coupler WDM3. The other output of the wavelength coupler WDM2, which carries the several optical signals, is connected to the other input of coupler WDM3 via a loss component VE. The wavelength coupler WDM2, the loss component and the coupler WDM3 thus form an assembly in which the signal at the pump wavelength is conveyed essentially unattenuated, and the several optical signals are conveyed with their level considerably attenuated. The one end of the second doped fibre DF2 is connected to the output of coupler WDM3, and the other end of the second doped fibre is connected to an output waveguide AW. Directly adjacent to the output waveguide, a possible spectrum of amplified signals with essentially homogeneous high levels is shown. The first coupler WDM1 and/or the third coupler WDM3 may be designed such that the inputs have a transmission behaviour which is essentially independent of the wavelength of the supplied signals; according to a specific embodiment, the first coupler WDM1 and/or the third coupler are each formed by a wavelength coupler in which the input to which the optical signal at the pump wavelength is supplied has a preferred transmission behaviour for the pump wavelength.

25

Fig. 2 illustrates a loss element inserted between the wavelength coupler WDM2 and the coupler WDM3, which is formed with a Fabry-Perot filter FPF. The locations and the distances of the wavelength transmission ranges of the Fabry-Perot filter, also referred to as transmission comb or free spectral range (FSR) by experts, are similar to the positions and the distances of the wavelengths of the several optical signals, the wavelength of each signal being associated to just one transmission range. The Fabry-Perot filter filters the noise components existing between the transmission ranges, and, accordingly, also the accumulated noise between the transmission ranges caused by

30

spontaneous emission, whereby the total noise is decreased. In a specific embodiment of the invention, the Fabry-Perot filter is designed as a Fabry-Perot filter in which the positions and the distances of the wavelength transmission ranges are tuneable. In the tuneable Fabry-Perot filter, wavelength channels may be suppressed by modifying the transmission comb, whereby the possibility of a limited switching function is given.

Fig. 3 illustrates a loss element inserted between the wavelength coupler WDM2 and the coupler WDM3, which is formed of a wavelength demultiplexer WDMUX and a wavelength multiplexer WMUX. The transmission ranges of the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer are similar to the wavelengths of the several signals. In case of higher losses, a multiple coupler may be provided in place of the wavelength multiplexer. The assembly of Fig. 3 thus forms a multiple filter for just the number of the several optical signals. In the assembly of Fig. 3, the number of the transmission ranges can be limited exactly to the number of the several optical signals, whereby noise components which exist in unused transmission ranges are suppressed at the output side. In the assembly of Fig. 3 the distances between the transmission ranges have wavelengths which are freely selectable regardless of a periodicity of the wavelengths. According to a specific embodiment of the assembly of Fig. 3, the transmission is individually selectable for each wavelength e. g. by inserting attenuation members DG between the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer. This measure causes the amplification of each wavelength to be adaptable, so that homogeneous levels of the wavelength can be obtained at the output of the fibre amplifier; in order to compensate the different spectral amplification of the fibre amplifier, the multiple filter may have the envelope of its filter curve comb formed complementarily to the spectral gain curve of the fibre amplifier.

The assemblies of Fig. 2 and Fig. 3 can be used for bi-directional transmission of signals conveyed in a waveguide. In the assembly of Fig. 3, by placing appropriate attenuation members between the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer, an adaptability to the required amplifications is given for bi-directional transmission of optical signals at different wavelengths.

Fig. 4 illustrates a multiple filter having the loss element of Fig. 3, to which an optical isolator OI is connected in signal downstream direction. In this assembly, in case of unidirectional signal transmission, noise components based on noise accumulation by spontaneous emission are suppressed.

Claims

1. Assembly for amplifying several optical signals at different wavelengths in a
5 waveguide carrying optical signals, wherein
- a first coupler (WDM1) has its inputs connected to an input waveguide (EW) carrying an optical signal and to a pump laser outputting an optical signal at a pump wavelength (λ_{pump}), respectively, and has its output connected to the one end of a first doped fibre (DF);
 - 10 - the input of a wavelength coupler (WDM2) is connected to the other end of the first doped fibre, and the one output of the wavelength coupler (WDM2) which carries the optical signal at the pump wavelength is connected to an input of a coupler (WDM3), and the other output of the wavelength coupler (WDM2), which carries the several optical signals, is connected to the other input of the coupler (WDM3) by a loss
15 element;
 - the output of the coupler (WDM3) is connected to the one end of a second doped fibre (DF2); and
 - the other end of the second doped fibre is connected to the output waveguide (AW) which carries the amplified optical signal;
 - 20 characterized in that
- the loss element is formed of a wavelength multiplexer (WMUX) cooperating with a wavelength demultiplexer (WDMUX), and
- the assembly has several optical signals at different wavelengths supplied to it by the input waveguide.
- 25
2. The assembly of claim 1, characterized in that an attenuation member (DG) is inserted in a waveguide carrying a single wavelength, which connects the wavelength demultiplexer to the wavelength multiplexer.
- 30 3. The assembly of claim 2, characterized in that the different gains are given for attenuation members compensating the individual wavelengths.

4. The assembly of one of the preceding claims, characterized in that an optical isolator is connected in series with the wavelength demultiplexer and the wavelength multiplexer.
- 5 5. The assembly according to one of the preceding claims, characterized in that a multiple coupler is provided instead of the wavelength multiplexer.

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 766 358 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.1997 Patentblatt 1997/14

(51) Int. Cl.⁶: H01S 3/06, G02B 6/26

(21) Anmeldenummer: 96114910.1

(22) Anmeldetag: 17.09.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(30) Priorität: 28.09.1995 DE 19536231

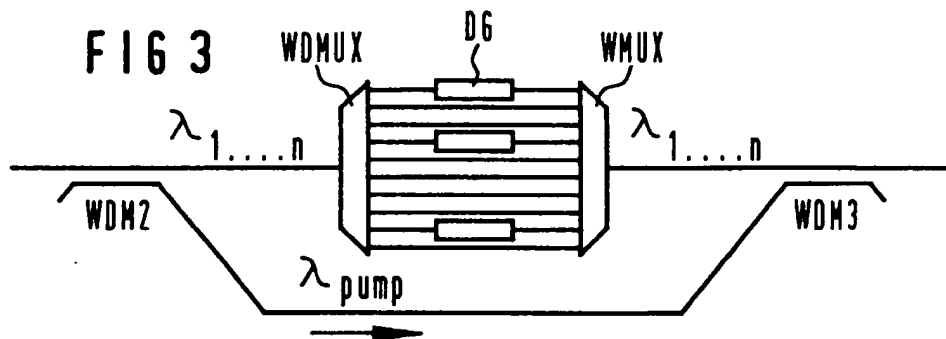
(72) Erfinder: Haltenorth, Helmut, Dr.
80993 München (DE)

(54) **Faserverstärker für mehrere Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen unter Einsatz eines Wellenlängendemultiplexers und eines Wellenlängenmultiplexers**

(57) Faserverstärker für mehrere Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen unter Einsatz eines Wellenlängendemultiplexers und eines Wellenlängenmultiplexers.

Ein Faserverstärker zur Verstärkung mehrerer optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen ($\lambda_{1...n}$) ist mit einer dotierten Faser (DF1) und einem Pumpaser (PL) gebildet. In die dotierte Faser ist ein mit einem Wellenlängendemultiplexer (WDMUX) und einem Wellenlängenmultiplexer (WMUX) gebildetes Verlustelement (VE) eingefügt. Zur Erzielung von unter-

einander gleich hohen Pegeln der Signale können zwischen dem Wellenlängendemultiplexer und dem Wellenlängenmultiplexer die unterschiedliche Verstärkung der einzelnen Wellenlängen kompensierende Dämpfungsglieder (DG) angeordnet sein. Beim anmel dungsgemäßen Faserverstärker wird das außerhalb der Wellenlängen liegende Rauschen unterdrückt, womit auch die bei kaskadierten Faserverstärkern auftretende Rauschakkumulation reduziert wird und ein verbessertes Signal zu Rauschverhältnis gegeben ist.



EP 0 766 358 A1

Beschreibung

Bei der Weiterleitung eines optischen Signales über eine Übertragungsstrecke, in der eine Glasfaser als Wellenleiter dient, kann zur Kompensation der Streckenverluste eine mehrfache Verstärkung in kaskadierten Faserverstärkern erforderlich sein. Dabei wird angestrebt, daß das optische Signal am Ausgang jedes Faserverstärkers unabhängig von der mittleren Leistung des optischen Signales am Eingang des Faserverstärkers auf den gleichen Pegel bei geringstmöglicher Verschlechterung des Signal zu Rauschverhältnisses angehoben wird. Die in einem Faserverstärker innerhalb der Verstärkungsbandbreite auftretende Spontanemission führt durch Verstärkung in den nachfolgenden Faserverstärkern zu einer in der Fachwelt als ASE(Accumulated Stimulated Emission) bekannten Rauschakkumulation und damit zu einer weiteren Verschlechterung des Signal zu Rauschverhältnisses. Werden im Zuge einer WDM(Wavelength Division Multiplex)-Übertragung mehrere optische Signale mit unterschiedlichen, im spektralen Verstärkungsbereich benachbarten Wellenlängen über eine Glasfaserstrecke übertragen, werden am Ausgang eines Faserverstärkers eine von der Wellenlänge unabhängige Anhebung auf den gleichen Pegel und eine über sämtliche Wellenlängen gleichmäßige Verschlechterung des Signal zu Rauschverhältnisses angestrebt. Bekannte Faserverstärker verstärken einen Kamm von vielen Signal-Wellenlängenkanälen im Verstärkungsspektrum ungleichmäßig, nämlich in Abhängigkeit von der Lage im Verstärkungsspektrum, von dem Leistungspegel des Kanals am Eingang des Faserverstärkers und von der summierten Leistung der Signale am Eingang des Faserverstärkers.

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Verstärkung mehrerer optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in einem optische Signale führenden Wellenleiter, bei der

- ein erster Koppler WDM1 mit seinen Eingängen mit einem ein optisches Signal führenden Eingangswellenleiter EW beziehungsweise mit einem, ein optisches Signal mit einer Pumpwellenlänge λ_{pump} abgebenden Pumplaser verbunden ist und der mit seinem Ausgang mit dem einen Ende einer ersten dotierten Faser DF1 verbunden ist
- der Eingang eines Wellenlängenkopplers WDM2 mit dem anderen Ende der ersten dotierten Faser verbunden ist und der das optische Signal mit der Pumpwellenlänge führende eine Ausgang des Wellenlängenkopplers WDM2 mit einem Eingang eines Kopplers WDM3 verbunden ist und der die mehreren optischen Signale führende andere Ausgang des Wellenlängenkopplers WDM2 über ein Verlustelement mit dem anderen Eingang des Kopplers WDM3 verbunden ist
- der Ausgang des Kopplers WDM3 mit dem einen Ende einer zweiten dotierten Faser DF2 verbunden

ist und

- das andere Ende der zweiten dotierten Faser mit dem das verstärkte optische Signal führenden Ausgangswellenleiter AW verbunden ist.

Verstärkeranordnungen für den Einwellenbetrieb mit einem optischen Filter oder einem Isolator in der dotierten Faserstrecke des Faserverstärkers sind aus A.Yu, M.Mahony, S. A. Siddiqui; Proceedings of ECOC 92, Berlin September 1992; paper WeP2.4; pp. 481-484 oder aus M. N. Zervas, R.I. Laming; Proceedings of ECOC 92, Berlin September 1992; paper MoA3.2; pp. 81-84 bekannt. Verstärkeranordnungen, bei denen das optische Signal in einer konzentrierten Einheit gedämpft wird, während die Pumpwellenlänge weitgehend ungedämpft passieren kann, werden in der Fachwelt als lumped-loss-Konfiguration bezeichnet.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Anordnung zur Verstärkung mehrerer optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in einem optischen Signale führenden Wellenleiter anzugeben, bei der die oben dargelegten Nachteile vermieden sind.

Das Problem wird dadurch gelöst, daß das Verlustelement durch einen mit einem Wellenlängendemultiplexer (WDMUX) zusammenwirkenden Wellenlängenmultiplexer (WMUX) gegeben ist und der Anordnung auf dem Eingangswellenleiter mehrere optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen zugeführt sind.

Bei dem Erfindungsgegenstand sind mehrere Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in lediglich einem Faserverstärker auf einen im wesentlichen gleich hohen Pegel verstärkbar; die Anzahl der Durchlaßbereiche des Faserverstärkers ist genau auf die Anzahl der mehreren optischen Signale begrenzt, womit Rauschanteile und damit auch durch Spontanemission bedingte Rauschakkumulationen, die zwischen den Durchlaßbereichen oder innerhalb von nicht benötigten Durchlaßbereichen liegen, ausgangsseitig unterdrückt sind. Beim Erfindungsgegenstand ist also das Gesamt-rauschen verringert. Beim Erfindungsgegenstand sind die Abstände der Durchlaßbereiche bezüglich der Wellenlängen frei von einer Periodizität der Wellenlängen wählbar.

Bei einer besonderen Ausgestaltung sind die Transmission für jede Wellenlänge gesondert, beispielsweise durch Einfügen von Dämpfungsgliedern zwischen den Wellenlängendemultiplexer und den Wellenlängenmultiplexer, wählbar. Diese Maßnahme bringt eine Anpaßbarkeit der Verstärkung für jede Wellenlänge mit sich.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform sind zur Erzielung von untereinander gleichen Pegeln der Wellenlängen am Ausgang des Faserverstärkers für die einzelnen Wellenlängen Dämpfungsglieder, die die unterschiedlichen Verstärkungen kompensieren, gegeben; dabei kann zur Kompensation der unterschiedlichen spektralen Verstärkung des Faserverstärkers das Vielfachfilter mit seiner Einhüllende des Filterkurvenkammes komplementär zur spektralen Verstärkungskurve des Faserverstärkers ausgebildet sein.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist in Serie mit dem Wellenlängendemultiplexer und dem Wellenlängenmultiplexer ein optischer Isolator angeordnet. Durch diese Maßnahme werden im unidirektionalen Signalverkehr die auf einer durch Spontanemission bedingten Rauschakkumulation beruhenden Rauschanteile, die nicht durch das optische Vielfachfilter herausgefiltert werden, unterdrückt.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist bei höheren Verlusten anstelle des Wellenlängenmultiplexers ein Vielfachkoppler gegeben.

Die Erfindung wird nun als Ausführungsbeispiel in einem zum Verständnis erforderlichen Umfang anhand von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig 1 eine prinzipielle Darstellung eines erfindungsgemäßen Faserverstärkers zur Verstärkung mehrerer optischer Signale

Fig 2 eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform des Verlustelementes aus Fig 1.

Fig 3 eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform des Verlustelementes aus Fig 1.

Fig 4 eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform des Verlustelementes aus Fig 1.

Ein erster Koppler WDM1 ist mit seinen Eingängen mit einem mehrere optische Signale mit benachbarten, unterschiedlichen Wellenlängen $\lambda_1 \dots \lambda_n$ führenden Eingangswellenleiter EW beziehungsweise mit einem ein optisches Signal mit einer Pumpwellenlänge λ_{pump} abgebenden Pumpaser PL verbunden. In unmittelbarer Nähe des Eingangswellenleiters ist ein mögliches Spektrum von dem Eingangswellenleiter zugeführten Signalen mit unterschiedlichen, benachbarten Wellenlängen und unterschiedlichen, niedrigen Pegeln angedeutet. Der Ausgang des ersten Kopplers ist mit dem einen Ende einer ersten dotierten Faser DF1 verbunden. Das andere Ende der ersten dotierten Faser DF1 ist mit dem Eingang eines Wellenlängenkopplers WDM2 verbunden. Ein Ausgang des Wellenlängenkopplers WDM2, der ein bevorzugtes Durchlaßverhalten für das optische Signal mit der Pumpwellenlänge aufweist, ist mit einem Eingang eines Kopplers WDM3 verbunden. Der die mehreren optischen Signale führende andere Ausgang des Wellenlängenkopplers WDM2 ist über ein Verlustelement VE mit dem anderen Eingang des Kopplers WDM3 verbunden. Der Wellenlängenkoppler WDM2, das Verlustelement und der Koppler WDM3 bilden also eine Anordnung, in der das Signal mit der Pumpwellenlänge weitgehend ungedämpft weitergeleitet wird und die mehreren optischen Signale in ihrem Pegel erheblich gedämpft weitergeleitet werden. Das eine Ende einer zweiten dotierten Faser DF2 ist mit dem Ausgang des Kopplers WDM3 und das andere Ende der zweiten dotierten Faser mit einem Ausgangswellenleiter AW verbunden. In unmittel-

barer Nähe des Ausgangswellenleiters ist ein mögliches Spektrum von verstärkten Signalen mit im wesentlichen untereinander gleich hohen Pegeln angedeutet. Der erste Koppler WDM1 und/oder der dritte Koppler WDM3 können in einer Bauart ausgeführt sein, bei der die Eingänge ein von der Wellenlänge der zugeführten Signale unabhängiges Durchlaßverhalten aufweisen; in einer besonderen Ausführungsform ist erste Koppler WDM1 und/oder der dritte Koppler je durch einen Wellenlängenkoppler gegeben, bei dem der Eingang, an dem das optische Signal mit der Pumpwellenlänge zugeführt ist, ein bevorzugtes Durchlaßverhalten für die Pumpwellenlänge aufweist.

Fig 2 zeigt ein zwischen den Wellenlängenkoppler WDM2 und den Koppler WDM3 eingefügtes Verlustelement, das mit einem Fabry-Perot-Filter FPF gebildet ist. Die Lagen und die Abstände der Wellenlängen-Durchlaßbereiche des Fabry-Perot-Filters, die auch als Transmissionskamm oder in der Fachwelt als Free Spectral Range (FSR) bezeichnet werden, gleichen den Lagen und den Abständen der Wellenlängen der mehreren optischen Signale, wobei die Wellenlänge jedes Signals genau einem Durchlaßbereich zugeordnet ist. Das Fabry-Perot-Filter filtert die zwischen den Durchlaßbereichen liegenden Rauschanteile und damit auch die zwischen den Durchlaßbereichen liegenden Rauschakkumulationen, die durch Spontanemission bedingt sind, weg, womit das Gesamttrauschen verringert ist. In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist das Fabry-Perot-Filter als ein bezüglich der Lagen und die Abstände der Wellenlängen-Durchlaßbereiche abstimmbares Fabry-Perot-Filter ausgeführt. Bei dem abstimmbaren Fabry-Perot-Filter sind durch Veränderung des Transmissionskammes Wellenlängenkanäle ausblendbar, womit die Möglichkeit einer eingeschränkten Vermittlungsfunktion gegeben ist.

Fig 3 zeigt ein zwischen den Wellenlängenkoppler WDM2 und den Koppler WDM3 eingefügtes Verlustelement, das mit einem Wellenlängendemultiplexer WDMUX und einem Wellenlängenmultiplexer WMUX gebildet ist. Die Durchlaßbereiche des Wellenlängendemultiplexers und des Wellenlängenmultiplexers gleichen den Wellenlängen der mehreren Signale. Bei höheren Verlusten kann anstelle des Wellenlängendemultiplexers ein Vielfachkoppler angeordnet sein. Die Anordnung nach Fig 3 bildet also ein Vielfachfilter für genau die Anzahl der mehreren optischen Signale. Bei der Anordnung nach Fig 3 ist die Anzahl der Durchlaßbereiche genau auf die Anzahl der mehreren optischen Signale begrenzt, womit Rauschanteile, die innerhalb von nicht benötigten Durchlaßbereichen liegen, ausgangsseitig unterdrückt sind. Bei der Anordnung nach Fig 3 sind die Abstände der Durchlaßbereiche bezüglich der Wellenlängen frei von einer Periodizität der Wellenlängen wählbar. Bei einer besonderen Ausgestaltung der Anordnung nach Fig 3 ist die Transmission für jede Wellenlänge gesondert, beispielsweise durch Einfügen von Dämpfungsgliedern DG zwischen den Wellenlängendemultiplexer und den Wellenlängen-

multiplexer, wählbar. Diese Maßnahme bringt zur Erzielung von untereinander gleichen Pegeln der Wellenlängen am Ausgang des Faserverstärkers eine Anpaßbarkeit der Verstärkung für jede Wellenlänge mit sich; dabei kann zur Kompensation der unterschiedlichen spektralen Verstärkung des Faserverstärkers das Vielfachfilter mit seiner Einhüllende des Filterkurvenkammes komplementär zur spektralen Verstärkungs-
kurve des Faserverstärkers ausgebildet sein.

Die Anordnungen nach Fig 2 und Fig 3 sind für bidirektionale Übertragung von auf einem Wellenleiter geführten Signalen brauchbar. Bei der Anordnung nach Fig 3 sind für eine bidirektionale Übertragung mit optischen Signalen unterschiedlicher Wellenlänge durch Anordnung geeigneter Dämpfungsglieder zwischen dem Wellenlängendemultiplexer und dem Wellenlängenmultiplexer eine Anpaßbarkeit an die jeweils erforderlichen Verstärkungen gegeben.

Fig 4 zeigt ein mit einem Vielfachfilter aus Fig 3 gebildetes Verlustelement, dem in Signalrichtung ein optischer Isolator OI nachgeschaltet ist. Bei dieser Anordnung werden im unidirektionalen Signalverkehr die auf einer durch Spontanemission bedingten Rauschakkumulation beruhenden Rauschanteile, die nicht durch das optische Vielfachfilter herausgefiltert werden, unterdrückt.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Verstärkung mehrerer optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen ($\lambda_{1..n}$) in einem optische Signale führenden Wellenleiter, bei der
 - ein erster Koppler (WDM1) mit seinen Eingängen mit einem ein optisches Signal führenden Eingangswellenleiter (EW) beziehungsweise mit einem, ein optisches Signal mit einer Pumpwellenlänge λ_{pump} abgebenden Pump-
laser (PL) verbunden ist und der mit seinem Ausgang mit dem einen Ende einer ersten dotierten Faser (DF1) verbunden ist
 - der Eingang eines Wellenlängenkopplers (WDM2) mit dem anderen Ende der ersten dotierten Faser verbunden ist und der das optische Signal mit der Pumpwellenlänge führende eine Ausgang des Wellenlängenkopplers (WDM2) mit einem Eingang eines Kopplers (WDM3) verbunden ist und der die mehreren optischen Signale führende andere Ausgang des Wellenlängenkopplers (WDM2) über ein Verlustelement mit dem anderen Eingang des Kopplers (WDM3) verbunden ist
 - der Ausgang des Kopplers (WDM3) mit dem einen Ende einer zweiten dotierten Faser (DF2) verbunden ist und
 - das andere Ende der zweiten dotierten Faser mit dem das verstärkte optische Signal führenden Ausgangswellenleiter (AW) verbunden ist

dadurch gekennzeichnet, daß

das Verlustelement durch einen mit einem Wellenlängendemultiplexer (WDMUX) zusammenwirkenden Wellenlängenmultiplexer (WMUX) gegeben ist und
der Anordnung auf dem Eingangswellenleiter mehrere optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen zugeführt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet, daß
in einen den Wellenlängendemultiplexer mit dem Wellenlängenmultiplexer verbindenden Wellenleiter, der ein Signal mit genau einer Wellenlänge führt, ein Dämpfungsglied (DG) eingefügt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 2
dadurch gekennzeichnet, daß
die unterschiedlichen Verstärkungen für die einzelnen Wellenlängen kompensierende Dämpfungsglieder gegeben sind.
4. Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, daß
in Serie mit dem Wellenlängendemultiplexer und dem Wellenlängenmultiplexer ein optischer Isolator angeordnet ist.
5. Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, daß
anstelle des Wellenlängenmultiplexers ein Vielfachkoppler gegeben ist.

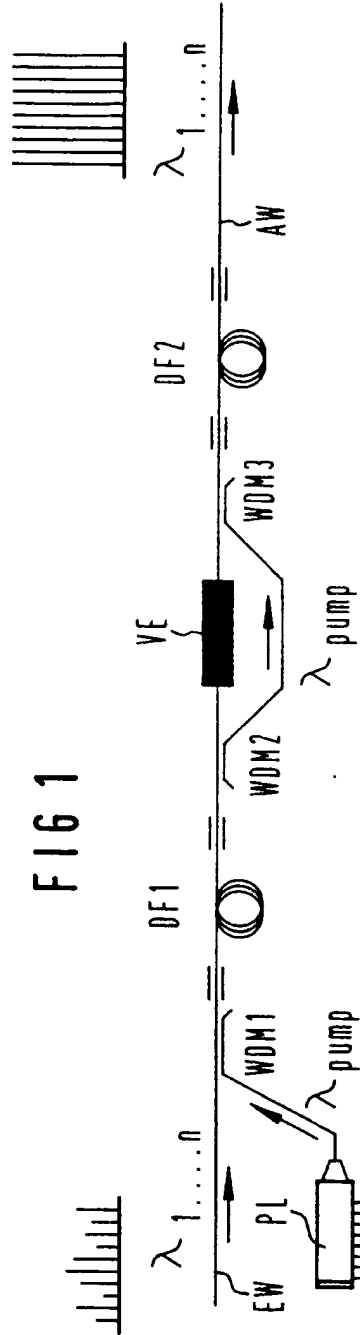


FIG 2

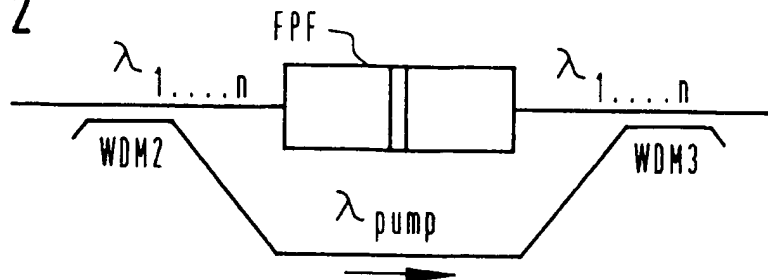


FIG 3

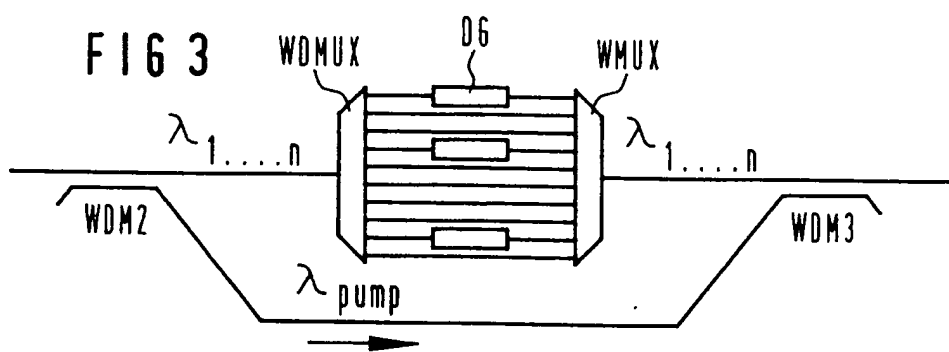
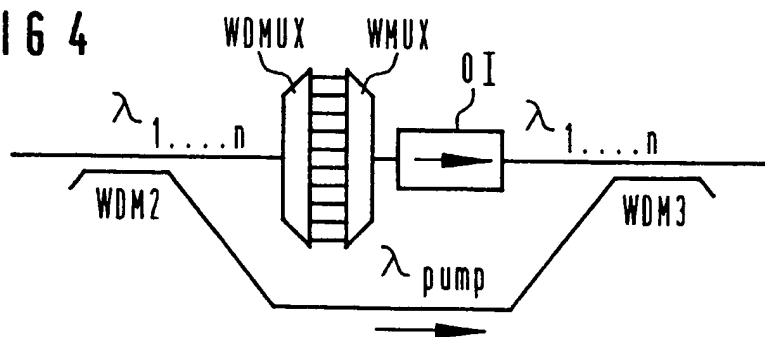


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 11 4910

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Bd. 31, Nr. 3, 1.März 1995, Seiten 472-480, XP000491569 ZERVAS M N ET AL: "EFFICIENT ERBIUM-DOPED FIBER AMPLIFIERS INCORPORATING AN OPTICAL ISOLATOR" * das ganze Dokument *	1-5	H01S3/06 G02B6/26
Y	US-A-5 392 154 (CHANG GEE-KUNG ET AL) 21.Februar 1995 * Abbildung 2 *	1-5	
Y	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Bd. 5, Nr. 9, 1.September 1993, Seiten 1023-1026, XP000414169 WILLNER A E ET AL: "PASSIVE EQUALIZATION OF NONUNIFORM EDFA GAIN BY OPTICAL FILTERING FOR MEGAMETER TRANSMISSION OF 20 WDM CHANNELS THROUGH A CASCADE OF EDFA'S" * das ganze Dokument *	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H01S G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 18.Dezember 1996	Prüfer Maaswinkel, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (03.92) (P04C03)